

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000188284 A

(43) Date of publication of application: 04 . 07 . 00

(51) Int. Cl

H01L 21/3065  
C23F 4/00  
H05H 1/46

(21) Application number: 10364072

(22) Date of filing: 22 . 12 . 98

(71) Applicant: HITACHI LTD

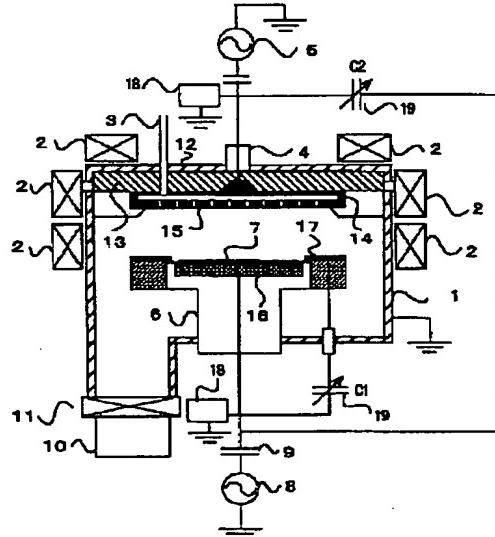
(72) Inventor: NEGISHI NOBUYUKI  
YOKOGAWA KATANOBU  
IZAWA MASARU  
YAMAMOTO SEIJI  
TAJI SHINICHI

(54) PLASMA TREATMENT DEVICE

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the number of bias power sources used in a silicon oxide film etching device which generates plasma by introducing UHF-band electromagnetic wave into a vacuum vessel by using an electromagnetic wave radiating antenna, having a microstrip antenna structure by commonly using a high-frequency bias power source for controlling an activated species and treating wafers.

**SOLUTION:** An electromagnetic wave radiating antenna which is a facing surface is functioned as an earth potential when the high-frequency bias power impressed upon a lower electrode 6, which performs pulse modulation on high-frequency bias power and on which a sample to be worked is placed and a focus ring 17 which is an annular member arranged around the electrode 6 oscillates. When, conversely, the high-frequency bias power impressed upon the antenna oscillates, the electrode 6 functions as a ground potential.



COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-188284  
(P2000-188284A)

(43)公開日 平成12年7月4日(2000.7.4)

(51)Int.Cl.  
H 01 L 21/3065  
C 23 F 4/00  
H 05 H 1/46

識別記号

F I  
H 01 L 21/302  
C 23 F 4/00  
H 05 H 1/46

ターポード(参考)  
B 4 K 0 5 7  
A 5 F 0 0 4  
M

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全6頁)

(21)出願番号 特願平10-364072

(22)出願日 平成10年12月22日(1998.12.22)

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 横岸 伸幸  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 横川 賢悦  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74)代理人 100068504  
弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

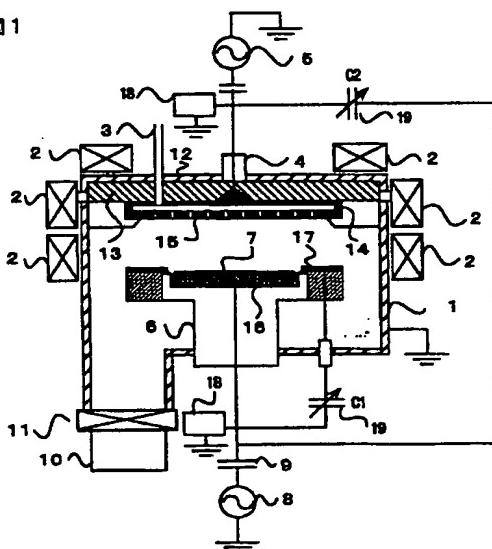
(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【要約】

【課題】マイクロストリップアンテナ構造を有する電磁波放射アンテナを用いてUHF帯電磁波を真空容器に導入し、プラズマを発生させるシリコン酸化膜エッティング装置において、活性種制御とウェハ処理に用いる高周波バイアス電源の共用を図り、電源数を低減する。

【解決手段】高周波バイアス電力のパルス変調を行い、被加工試料設置手段である下部電極とその周囲に配置された円環状部材であるフォーカスリングに印加した高周波バイアス電力が発振しているときは対向面である電磁波放射アンテナをアース電位として機能させ、逆に電磁波放射アンテナに印加した高周波バイアス電力が発振しているときは下部電極をアース電位として機能させる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】排気手段により真空排気されている真空容器と、上記真空容器に原料ガスを導入するためのガス導入手段と、被加工試料設置手段と、導体板、誘電体およびアース電位導体の3層構造からなる300MHz～1GHzの電磁波導入手手段を有し、上記ガス導入手手段により上記真空容器内に導入されたガスを上記電磁波でプラズマ化し、上記プラズマにより被加工試料の表面処理を行うプラズマ処理装置において、上記被加工試料設置手段の周囲に円環状部材を備え、上記被加工試料設置手段と上記円環状部材と上記電磁波導入手手段に、同一電源により高周波バイアス電力を印加することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】請求項1記載のプラズマ処理装置において、上記被加工試料設置手段と上記円環状部材と上記電磁波導入手手段に印加する高周波バイアス電力の周波数が400kHz～20MHzの範囲であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】請求項1または2記載のプラズマ処理装置において、上記高周波バイアス電力をパルス変調し、上記被加工試料設置手段と上記円環状部材に印加する高周波バイアス電力がONのとき、対向する上記電磁波導入手手段が高周波バイアス電力に対しアース電位となり、上記電磁波導入手手段に印加する高周波バイアス電力がONのとき、対向する上記被加工試料接地手段がアース電位となることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】請求項3記載のプラズマ処理装置において、プラズマ中の活性種をモニターし、その変動量により、パルス変調周波数とデューティー比を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はプラズマ処理装置に係り、特にエッチング工程の中でも層間絶縁膜（主に酸化ケイ素を主成分とする）のエッチングに好適なプラズマ処理装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体デバイスプロセスにおいて、ウェハの12インチ化が間近に迫っており、半導体プロセス装置、特にプラズマを用いたドライエッチング装置においてはいかに均一、高精度に表面処理を行うかがエッチング特性、スループット両面から極めて重要となっている。エッチングの均一化に不可欠な要素とは、ラジカルとイオン両フラックスのウェハへの均一供給であり、高精度なエッチングにはウェハに輸送する活性種組成の制御が必須である。

【0003】先に述べたように12インチ以降のウェハの大口径化、半導体装置の素子の微細化に伴い、さらなる高精度酸化膜エッチングを目指して、新たなプラズマ源を搭載したエッチング装置の研究開発が盛んであり、

UHF帯ECRプラズマ型もそのひとつである。この装置では、プラズマ励起周波数として300MHz～1GHzのUHF帯電磁波を用い、エッティング処理室外に設けた磁場印加手段による磁場との電子サイクロトロン共鳴を積極的に利用することで、 $10^{11}\text{cm}^{-3}$ 台の中密度かつ拡散領域が1～2.5eVという低電子温度のプラズマを実現することが可能である。

【0004】この装置の場合、電磁波の導入は同軸線路を介してアース電位導体、誘電体および導体板からなる構造のマイクロストリップアンテナ（以後、MSAと呼ぶ）によって行われる。被加工試料とそれに対向するMSAとの間隔は50mmから100mmの間隔である。

【0005】たとえば、ArとC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>の混合プラズマ中で解離生成されたフッ素ラジカル濃度を低減し、対シリコン窒化膜選択比を向上させるために、MSAの導体板としてシリコンもしくはカーボンを選択し、それに400kHz～20MHzの高周波バイアス電力をUHF帯の電磁波に重畠させて印加することによりイオンを効率よく導体板表面に引き込み、フッ素ラジカルの消費を行なう。さらに、ウェハ中心領域と周辺領域とのフッ素ラジカル分布を補正するためにウェハを設置する下部電極周辺にシリコンもしくはカーボンで形成された円環状部材（以後、フォーカスリングと呼ぶ）を設置し、導体板同様、高周波バイアス電力を印加する手段が採用されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来装置では、UHF帯電源の他に最大3台の高周波電源が必要となる。現状では、下部電極に印加する高周波バイアス電力を可変コンデンサにて分割し、フォーカスリングに印加している。対向するMSAの導体板には、対向アース電位を取るために下部電極、フォーカスリングに印加する高周波バイアス電力と周波数の異なる高周波バイアス電力を別電源によって印加している。したがってUHF帯電源のほかに2台の電源を用いているが、コストや設置面積の面から考えると非常に負荷が大きい。

【0007】本発明の目的は、UHF帯ECR型エッチング装置が有する上記問題点に鑑みてなされたものであり、イオンの引き込みに使用する高周波電源数を1台にすることで低コスト化、低設置面積化の可能なエッチング装置を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明のプラズマ処理装置は、真空排気手段により真空排気されている真空容器と、上記真空容器に原料ガスを導入するためのガス導入手手段と、被加工試料設置手段と、導体板、誘電体およびアース電位導体の3層構造からなる300MHz～1GHzの電磁波導入手手段を有し、上記ガス導入手手段により上記真空容器内に導入されたガスを上記電磁波でプラズマ化し、上記プラズマにより上記被加工試料の表面処理

を行うプラズマ処理装置において、上記被加工試料設置手段の周囲に円環状部材を備え、上記被加工試料設置手段と上記円環状部材と上記電磁波導入手段に同一電源により高周波バイアス電力を印加することを特徴としている。

【0009】上記手段によれば、上記被加工試料設置手段と上記円環状部材と上記電磁波導入手段に、同一電源により高周波バイアス電力を印加することで、低コスト、低設置面積のプラズマ処理装置を提供できる。

【0010】また本発明のプラズマ処理装置は、上記被加工試料設置手段と、上記円環状部材と、上記電磁波導入手段に印加する高周波バイアス電力の周波数が、400kHz～20MHzの範囲であることを特徴としている。

【0011】上記手段によれば、効率よくセルフバイアスを発生し、イオンを入射させることで、シリコン製の電磁波導入手段と円環状部材では、プラズマ中で解離生成されたフッ素ラジカルの消費、被加工試料設置手段では高精度な被加工試料の表面処理が可能である。

【0012】また本発明のプラズマ処理装置は、高周波バイアス電力をパルス変調し、上記被加工試料設置手段と上記円環状部材に印加する高周波バイアス電力がONのとき、対向する上記電磁波導入手段が高周波バイアス電力に対しアース電位となり、上記電磁波導入手段に印加する高周波バイアス電力がONのとき、対向する上記被加工試料接地手段がアース電位となることを特徴としている。

【0013】上記手段によれば、対向した2平板に同一周波数の高周波バイアス電力を対向アースを確保し印加することが可能となる。

【0014】また本発明に係るプラズマ処理装置は、プラズマ中の活性種をモニターし、その変動量により、パルス変調周波数とデューティー比を制御することを特徴としている。

【0015】上記手段によれば、プラズマ中で生成された活性種が被加工試料表面に堆積する量に応じ、パルス変調周波数とデューティー比を制御することで、高精度な表面処理が可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施のプラズマエッティング装置の概略構成を示す。本実施例では真空容器1の周囲に空心コイル2が設置されている。真空容器1にはガス導入管3により原料ガスを導入し、アース電位導体12、誘電体13および表面にシリコン層15を設けた円盤状導体15からなる電磁波放射アンテナに同軸線路4を介して500MHz電源5にて発生した電磁波を供給して、前記空心コイルにより発生した磁場との相互作用によりプラズマを発生させる。

【0017】真空容器1には下部電極6があり、この上に被加工試料7を設置する。この下部電極6には、80

0kHzの高周波バイアス電源8がプロッキングコンデンサ9を介して接続されており、発生するおよそ1kV～2kVのVppによりイオンを引き込んでエッティングを行う。

【0018】本実施例では原料ガスとして、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>とArの混合ガスを真空容器内に導入して、真空排気系10と真空容器の間に設置されたコンダクタンスバルブ11にて5～40mTorrになるように調整し、シリコン酸化膜のエッティングを行う。

【0019】次に、プラズマ中で生成された活性種の制御機構と下部電極も含めた高周波バイアス電力導入機構について詳しく説明する。本実施例では、プラズマ中で解離生成された活性種の制御、たとえばレジストマスクやシリコン塗化膜とシリコン酸化膜との選択比を低下させる原因となるフッ素ラジカルの制御として、電磁波放射アンテナの表面反応と下部電極周囲に設置されたフォーカスリング17の表面反応を用いている。

【0020】電磁波放射アンテナ表面とフォーカスリング17の表面はシリコンでできており、下部電極に印加

する高周波バイアス電力を分割印加することにより、セルフバイアスを発生させ、イオンの入射を促することでフッ素ラジカルの消費を行っている。これにより、電磁波放射アンテナは主にプラズマ中のフッ素ラジカル濃度の調整を、フォーカスリングはフッ素ラジカル濃度分布の調整をそれぞれ担っている。ただし、電磁波放射アンテナとフォーカスリングの材質はフッ素ラジカルを消費できる機能を持つものであればよいため、カーボンや炭化シリコンでも効果は同じであることは言うまでもない。

【0021】電磁波放射アンテナとフォーカスリングへの高周波バイアス電力の導入は以下のように行う。まず、図1に示すように、800kHzの高周波バイアス電力を2系統に分割、1系統を下部電極とフォーカスリングへ、もう1系統を電磁波放射アンテナとし、それぞれをパルス変調する。

【0022】図2にこの場合のタイミングチャートを示す。下部電極、フォーカスリングに印加している高周波バイアス電力が発振しているときは、対向面である電磁波放射アンテナは対向アースとして機能し、逆に電磁波放射アンテナに印加している高周波バイアス電力が発振しているときは、対向面である下部電極はアース電位になるように構成されたフィルタ回路18が設置されている。これにより、同一周波数でも対向アースを確実に取ることができ、従来マイクロ波ECR型エッティング装置や、ICP型エッティング装置で問題となっていた高周波バイアス電力の偏りが解決でき、電源数の低減による低コスト化、低設置面積化が実現できる。

【0023】高周波バイアス電力の分割は図1に示す可変コンデンサ19により行う。この場合、電力の分割比はウェハ前面のシース容量と前述のコンデンサ容量C1、C2の比率で決定されるため、所望の活性種状態に

なるように各コンデンサ容量と電源の入射電力を調整する必要がある。また、下部電極に印加する高周波バイアス電力が発振していないタイミングでは、セルフバイアスによるイオンの入射がなく、活性種の堆積が選択的に起こるため、シリコン酸化膜のエッチングがストップしないように、パルス変調周波数とデューティー比の制御を行うことが重要である。

【0024】さらに、図示しないが、電磁波放射アンテナとフォーカスリングに高周波バイアス電力印加に加え、温度調整手段を持たせた構成も本発明に入る。これによれば、高周波バイアス電力印加に加えて表面温度調整を行なうことで、安定なエッチング処理が保証される。

【0025】図3は、図1の構成にプラズマ中のラジカル分布をモニターする機能を付加し、電磁波放射アンテナとフォーカスリングへの高周波バイアス電力および、表面温度にフィードバックさせる機能を設けた実施例である。たとえば、被加工試料処理中にプラズマが変動した場合、フッ素ラジカルの濃度や径方向分布の変動をラジカル分布モニター手段により検出し、その差に見合う高周波バイアス電力を電磁波放射アンテナとフォーカスリングに印加することでイオンの加速電圧を制御する。

【0026】本実施例の場合、ラジカル分布モニター手段として、ラジカルからの発光を測定している。ウェハ表面近傍からの発光を光学系20にて分光器21に導入し、光電子増倍管22からの信号をパーソナルコンピュータ23に取り込むことでラジカルの濃度と分布を測定し、それが所望量となるように電磁波放射アンテナとフォーカスリングへの高周波バイアス電力を調整する。

【0027】これによれば、たとえば図4に示すようにウェハ面内窒化膜エッチング速度差はフォーカスリングへのイオンの加速電圧に依存するために、あらかじめダ

ミーウェハを使って条件出しをする必要が無く、さらに、処理中の微妙な変動に対しても安定なエッチング処理を高精度に行なうことが可能となる。

#### 【0028】

【発明の効果】本発明により、MSA構造を有した電磁波放射アンテナと、被加工試料設置手段である下部電極周囲に配置された円環状部材であるフォーカスリングに高周波バイアス電力を印加し、プラズマ中の活性種制御を行うUHF帯ECR型プラズマエッチング装置において問題となる、電源数の増大が低減され、装置の低コスト、低設置面積化に貢献できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のドライエッチング装置の概略縦断面図。

【図2】下部電極、フォーカスリングと電磁波放射アンテナに印加するパルス変調のタイミングチャート。

【図3】本発明の別の実施例のドライエッチング装置の概略縦断面図。

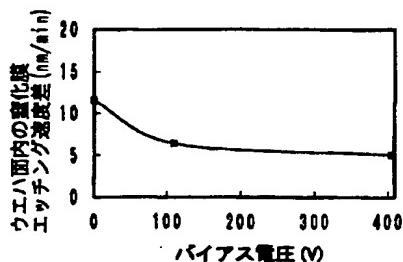
【図4】ウェハ面内の窒化膜エッチング速度差とフォーカスリングへのイオンの加速電圧との関係を示す測定図。

#### 【符号の説明】

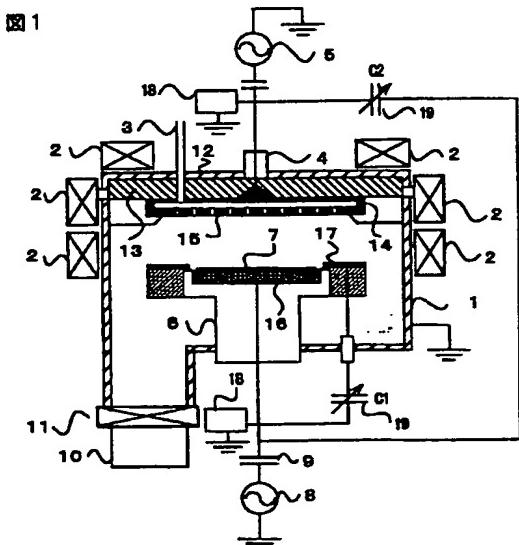
1…真空容器、2…空心コイル、3…ガス導入管、4…同軸線路、5…500MHz電源、6…下部電極、7…半導体ウェハ、8…高周波バイアス電源、9…ブロッキングコンデンサ、10…真空排気系、11…コンダクタスバルブ、12…アース電位導体、13…誘電体、14…円板状導体板、15…シリコン円板、16…チャック部、17…フォーカスリング、18…フィルタ回路、19…可変コンデンサ、20…光学系、21…分光器、22…光電子増倍管、23…パーソナルコンピュータ。

【図4】

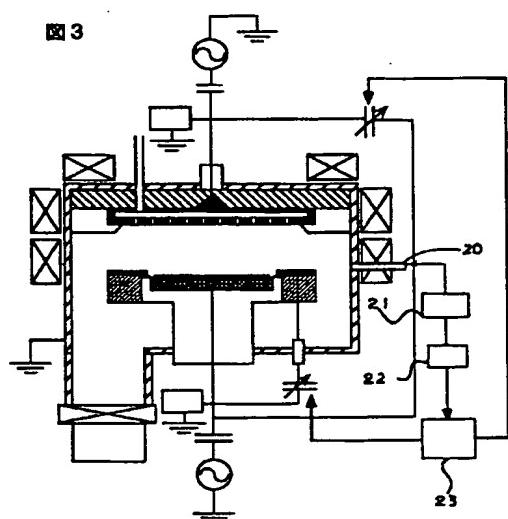
図4



【図1】



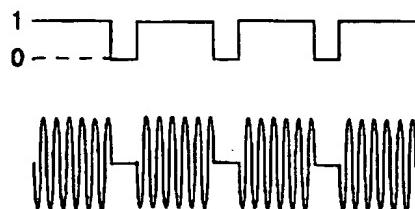
【図3】



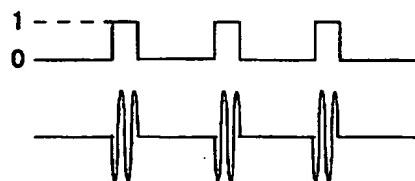
【図2】

図2

① 下部電極、フォーカスリング側



② 電磁波放射アンテナ側



フロントページの続き

(72)発明者 伊澤 勝  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 山本 清二  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 田地 新一  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 4K057 DA16 DD01 DE06 DE14 DG15  
DM17 DM18 DM28 DN01  
5F004 BA20 BB11 BB13 CA03 CA06  
DA00 DA23 DB03